

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

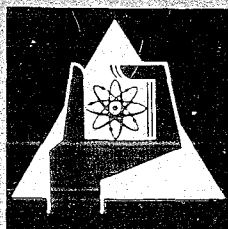
Juli 1969

KFK 929

Datenverarbeitungszentrale

Ein Betriebssystem für den Vielfachzugriff in der Laborautomatisierung

G. Krüger



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

Kernforschungszentrum Karlsruhe

Juli 1969

KFK 929

Datenverarbeitungszentrale

Ein Betriebssystem für den Vielfachzugriff in der Labor-
automatisierung

von

G. Krüger

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

Mathematical Induction

Step 1:

Step 2:

Mathematical Induction

Step 1:

Step 2:

Step 3:

Step 4:

Step 5:

Step 6:

Zusammenfassung:

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe werden für die Automatisierung der Laborarbeit in den verschiedenen Gebieten der Kernphysik, -chemie und -technik TR 86 A DV-Systeme der Firma AEG-Telefunken aufgebaut. Das zu entwickelnde Betriebsprogramm muß sowohl die Basis für die Erfüllung der zeitkritischen Anforderungen der Realzeit-Datenerfassung und Experimentführung der direkt angekoppelten Versuchsanlagen als auch für eine vom Experimentator über Außenstationen gesteuerte schritthaltende Auswertung bieten.

Dazu sind insbesondere folgende Aufgaben zu erfüllen:

Steuerung der Auftragsbearbeitung in der DV-Anlage durch von Außenstationen abgesetzte Nachrichten (Vielfachzugriff). Dabei sollen die aus verschiedenen Quellen (Experimentatoren, Meßapparaturen und kleinen DV-Anlagen) stammenden Nachrichten im wesentlichen gleichartig behandelt werden. Damit ist eine schrittweise Erhöhung des Automatisierungsgrades möglich und eine große Flexibilität gewährleistet.

Koordinierung der verschiedenen Aktivitäten durch ein im bevorzugten Modus laufendes Planungs- und Sicherungsprogramm. Von großer Bedeutung für die Ablaufplanung ist dabei die Einhaltung zugesagter Reaktionszeiten des DV-Systems auf kritische experimentelle Ereignisse.

Dynamische Steuerung des Experimentablaufes nach vorliegenden Zwischenergebnissen im Rahmen allgemeiner vorher vom Experimentator gegebener Richtlinien.

Weitgehende Freiheit in der Planung, Programmierung und im Betrieb der sehr unterschiedlichen experimentorientierten Programme mit eigenen Kontroll- und Steuerfunktionen.

Die erste Version des Betriebsprogrammes befindet sich in der Erprobung.

Einführung:

Der Wirkungsgrad fortgeschrittener Forschungs- und Entwicklungsarbeit in der Kernforschung und Kerntechnik wird sehr wesentlich von der Qualität der geleisteten experimentellen Arbeit bestimmt. Sowohl in den verschiedenen Disziplinen der Kernforschung, wie Hoch- und Niederenergiekernphysik, Kern- und Strahlenchemie oder Material- und Festkörperforschung als auch in den kerntechnischen Fachgebieten haben Umfang und Schwierigkeit der zu lösenden experimentellen Aufgaben in den letzten Jahren um ein Vielfaches zugenommen. Diese Tendenz beobachten wir sowohl bei der Datengewinnung, bei der immer komplexere Versuchsabläufe zu steuern sind als auch bei der Auswertung und Analyse der gewonnenen Daten. Dabei fällt in allen Stufen des Datengewinnungs- und Auswerteprozesses sehr viel Routinearbeit an, die den versuchsführenden Wissenschaftler und seine Mitarbeiter erheblich belasten.

Die Einführung der Datenverarbeitung in den experimentellen Forschungs- und Entwicklungsprozeß erlaubt es, die wissenschaftliche Arbeit zu rationalisieren und die Leistungsfähigkeit des Wissenschaftlers erheblich zu verbessern.

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe wird daher gegenwärtig ein Arbeitsprogramm gestartet, das eine umfassende computergestützte Experimentierarbeit für praktisch alle im Kernforschungszentrum arbeitenden Fachrichtungen ermöglichen soll.

Dieses Projekt kann naturgemäß nicht nur von der Seite der Datenverarbeitung angegangen werden, sondern es bedarf ebenso großer Anstrengungen der Fachwissenschaftler der einzelnen Disziplinen, die ihre experimentellen Arbeitsmethoden und -techniken unter dem Blickwinkel der integrierten Datenverarbeitung und Experimentführung neu überdenken müssen.

Der vorliegende Bericht gibt dazu einen Überblick über die von der Datenverarbeitung zu leistenden Vorarbeiten, die als Grundlage für den Aufbau fachspezifischer Programmiersysteme dienen können.

Informationsfluß in einem Laborsystem

Ausgangspunkt für die Automatisierung der experimentellen Arbeit sind Untersuchungen über Struktur und Ablauf verschiedener Experimente. Es zeigte sich bald, daß die Vielfalt möglicher experimenteller Verfahrensweisen nicht in einem einfachen Schema zu erfassen ist, andererseits läßt sich kein Laborsystem, insbesondere kein den Ablauf steuerndes Betriebsprogramm aufbauen, wenn nicht gewisse, die volle Entscheidungsfreiheit des Experimentators einschränkende Festlegungen getroffen und allgemein verbindliche Regeln aufgestellt werden.

Regeln und Festlegungen müssen aber so ausgewählt werden, daß eine möglichst große Flexibilität bei minimalem Aufwand in der DV-Organisation gewährleistet ist. Es sollte keine praktisch bedeutsame Klasse von Experimenten ausgeschlossen werden.

Das von uns verwendete Schema des Informationsflusses zwischen den konstitutiven Teilsystemen einer Versuchsserie zeigt Abb. 1. Die Meßapparatur liefert rohe Meßergebnisse und Ablaufnachrichten, z.B. Zustandsinformationen und Fertigmeldungen an das DV-System. Zur Steuerung des Versuchsablaufes und zur Kontrolle der Meßapparatur können sog. Kommandos vom DV-System in die Meßapparatur zurückgegeben werden. Der Experimentator setzt ebenfalls den Ablauf steuernde Kommandos an die Datenverarbeitungsanlage ab. Zurückgemeldet bekommt er rohe oder ausgewertete Ergebnisse und verschiedene Informationen über Ablauf und Zustand des Experimentes und der programmierten Verarbeitung. Das Kommunikationsdreieck wird geschlossen durch eine direkte Verbindung des Experimentators mit der Meßapparatur. Die Meßapparatur gibt an den Experimentator Nachrichten im weiteren Sinne und der Experimentator steuert die Apparatur durch direkte Aktionen. Die einzelnen Kommunikationswege werden in der Regel mit unterschiedlicher Häufigkeit benutzt. So soll die direkte Wechselwirkung Experimentator - Apparatur für alle Funktionen, die durch Rechnersteuerung ausgeführt werden können, möglichst nicht

verwendet werden, um Koordinationsschwierigkeiten zwischen den beiden "Steuersystemen" zu vermeiden. Zumindest muß das DV-System von jedem Eingriff des Experimentators unterrichtet werden, damit automatisch ablaufenden Meßdatenreduktionen und Steueraktionen kein fehlerhafter Zustand der Meßapparatur zugrunde gelegt wird.

Der Aufbau der gezeigten Kommunikationsverbindungen zwischen den einzelnen Teilsystemen erfolgt zu Beginn einer Versuchsserie. Während einer Versuchsserie muß diese Verbindung erhalten bleiben. Bei neuen Versuchsserien dagegen können die Teilsysteme zu geänderten Konfigurationen zusammentreten.

Begriff der Versuchsserie

Die Versuchsserie spielt eine wichtige Rolle in der gesamten Betriebsorganisation. Sie entspricht etwa der eines Auftrags (Jobs) eines im Stapelbetrieb arbeitenden DV-Systems. Versuchsserien werden grundsätzlich als voneinander unabhängig betrachtet. Verschiedene Versuchsserien lassen sich daher während ihrer Abwicklung nicht dynamisch über das DV-System miteinander verknüpfen.

Phasenstruktur

Die Versuchsserie läßt sich in eine Folge von Einzelschritten aufgliedern, die man als Phasen des experimentellen Ablaufes bezeichnet. Kennzeichnend für eine Phase ist, daß in ihr eine logisch-funktionell von anderen Schritten der Versuchsdurchführung abgrenzbare Tätigkeit ausgeführt wird. In einer Phase können z.B. ein Meßdatensatz generiert und auf das DV-System übertragen werden (Erfassungsphase), ein oder mehrere Datensätze können verdichtet oder umgeformt werden (Auswertungs- und Reduktionsphase) oder es kann der Zustand der Meßapparatur geändert werden (Einstellphase). Feste Regeln, welche Aktivitäten in einer Phase zusammengefasst werden sollen und welche getrennten Phasen zuzuordnen sind, lassen sich nicht aufstellen. Es handelt sich hier im wesentlichen um praktische, d.h. nach Zweckmäßigkeitsgesichtspunkten vorzunehmende Aufteilungen.

Bei der Einteilung einer Versuchsserie in Phasen spielten neben den Kriterien, die sich unmittelbar aus der Struktur der Experimente ergeben, auch allgemeinere Gesichtspunkte eine Rolle. So kann der Experimentator interessiert sein, eine ganz gleichförmig verlaufende Messung, die sehr lange dauert, in regelmäßigen Abständen zu unterbrechen, um bestimmte Systemdienste, die nur am Ende einer Phase aufgerufen werden können, in Anspruch zu nehmen. Als Beispiele seien genannt: Logbuchregistrierung und Setzen eines Prüfpunktes (checkpoint).

Die Ablaufsteuerung innerhalb einer Phase übernimmt das Phasenprogramm. Phasenprogramme werden vor Durchführung der Versuchsserie aus Standardfunktionen und experimenttypischen Einzelprogrammen zusammengesetzt. Die Phasenprogramme haben einen eindeutigen Namen und sind in einer speziellen Bibliothek, die der Versuchsserie zugeordnet ist, unter diesem Namen archiviert. Der Name des Phasenprogramms ist gleichzeitig der Phasenname.

Das Experimentsteuerprogramm

Für die Abwicklung einer Versuchsserie ist ein Experimentsteuerprogramm, der Abwickler, zuständig. Dieses Programm wird zu Beginn der Versuchsserie durch den Experimentator durch Eingabe von Kommandos an die Systemsteuerung initialisiert. Der Abwickler kann als Betriebsprogramm für eine spezielle Versuchsserie aufgefasst werden. Eine wichtige Aufgabe des Abwicklers ist es, den experimentellen Ablauf zu steuern und die Kontrolle von einer Meßphase zur anderen zu übertragen. Dazu führt er eine Phasenfolgeliste, in die der Name der als nächstes aufzurufenden Phase abgelegt wird. Wird die Versuchsserie voll vom Experimentator gesteuert, enthält die Liste nur diesen einen Eintrag. Bei einer automatischen Ablaufsteuerung wird dagegen die gewünschte Phasenfolge zum Beginn der Versuchsserie vom Experimentator eingegeben und dann ohne weitere manuelle Eingriffe vom Abwickler abgearbeitet.

In einer Phasenfolge kann ein bestimmter Phasentyp, dargestellt durch das entsprechende Phasenprogramm, beliebig oft auftreten. Viele Versuchsserien bestehen aus einer zyklischen Wiederholung weniger Phasen mit immer neuen Parametern und Eingangsdaten.

Treten bestimmte Phasenkombinationen wiederholt auf, können daraus höhere Ablaufstrukturen gebildet werden, die ebenfalls vom Abwickler interpretiert werden können.

In der gegenwärtig von uns vorbereiteten Version wird vom Abwickler eine feste, einmal eingestellte Phasenfolge abgearbeitet. Änderungen können nur durch den Eingriff des Experimentators vorgenommen werden.

Bei fortgeschrittenen Versionen kann die Liste während des Versuchs durch den Abwickler selbst aufgrund von Zwischenergebnissen laufend geändert werden. Die dynamische Änderung der Phasenfolge in Abhängigkeit vom bisherigen Versuchsverlauf bietet die Grundlage für eine adaptive Experimentführung.

Startkontrolle

Eine an der Spitze der Phasenfolgeliste stehende Phase wird erst gestartet, wenn alle erforderlichen Eingangsbedingungen und Parameter für die Abwicklung der Phase vollständig und - soweit formal feststellbar - fehlerfrei vorliegen. Eingangsbedingungen, die erfüllt sein müssen, können z.B. das Erreichen einer bestimmten Uhrzeit, der erfolgreiche Abschluß früherer Phasen oder ein vorgegebener Zustand der Meßapparatur sein. Nach erfolgreichem Start der Phase geht die Kontrolle an das Phasenprogramm über, das durch vom Abwickler übergebene Eingangsparameter entsprechend den speziellen Anforderungen der aktuellen Phase gesteuert werden kann.

Hat die Phase ihre Aufgabe erfüllt oder tritt eine Fehlerbedingung auf, geht die Kontrolle an den Abwickler zurück.

Verschiedene Phasenprogramme liefern sowohl bei regulärer als auch abnormaler Beendigung Parameter an den Abwickler zurück. Diese Rückgabecodes können z.B. zur Ablaufplanung durch den Abwickler, als Eingangsparameter für kommende Phasen oder für die Logbuchregistrierung verwendet werden.

Alle wesentlichen Informationen über die abgeschlossenen Phasen werden vom Abwickler in einem Logbuch gesammelt. Das Logbuch enthält u.a. den Zeitpunkt des Starts und der Beendigung einer Phase, die vom Abwickler geprüften Eingangsbedingungen und die gelieferten Eingangsparameter, die vom Phasenprogramm beim Abwickler abgelieferten Parameter und die Zahl und Namen der während der Phase bearbeiteten Datensätze. Das Logbuch registriert somit den tatsächlichen Meßablauf. Zusätzlich kann noch notiert werden, wann und aus welchen Gründen der Abwickler in den vorgeplanten Ablauf eingegriffen hat und wie die Phasenfolge gegenüber den Voreinstellungen verändert wurde.

Betriebsorganisation für den Vielfachzugriff

Ordnet man dem Experimentsteuerprogramm noch die üblichen Verwaltungsaufgaben für die betrieblichen Hilfsmittel der DV-Anlage zu, so haben wir bereits ein Betriebsprogramm für die Durchführung von Experimenten.

Allerdings kann eine solche Konfiguration nur eine Versuchsserie in einem gegebenen Zeitraum abwickeln. Die Zuordnung eines DV-Systems mittlerer Größe und einer für umfangreiche Speicher- und Auswerteaufgaben ausgerüstete Peripherie zu nur jeweils einem laufenden Versuch ist aber in vielen Fällen äußerst unwirtschaftlich. Lang laufende Versuchsserien blockieren das DV-System, obwohl sie nur in größeren Abständen die Leistungsfähigkeit der Anlage voll ausnutzen. Während eines Großteils der Zeit werden weder Ergebnisse geliefert noch Steueraktionen benötigt. Allerdings muß immer eine gewisse "Alarmbereitschaft" für außergewöhnliche Bedingungen mit schneller Reaktionszeit bestehen.

Der Vielfachzugriff erlaubt es, auch in diesem Fall viele Versuchsserien unter wirtschaftlich tragbaren Bedingungen mit DV-Kapazität auszustatten. Das Grundscheema des experimentellen Informationsdreiecks, unser Labordreieck, muß dazu allerdings in einen weiteren Rahmen gestellt werden, Abb. 2. Mehrere Dreiecke überlagern sich jetzt auf demselben DV-System. Unser Bild zeigt aber noch eine Erweiterung in einer anderen Richtung. Die Belastung des Laborsystems und die besondere Ausrichtung dieser Anlage auf ein reaktionsschnelles Antworten auf äußere Bedingungen lassen es sinnvoll erscheinen, eine Aufgabenteilung zwischen dieser Anlage und einer nachgeschalteten Großanlage vorzunehmen. Größere Auswertearbeiten, auch im Dialogverkehr, werden nicht mehr auf dem Meßdatensystem, sondern auf der Großanlage durchgeführt. Beide Anlagen sind über Kabel miteinander verbunden. Die Probleme, die mit der Aufteilung der Auswertearbeit auf mehrere Systeme verbunden sind, sollen hier nicht näher behandelt werden, doch muß bei der Auslegung des Betriebsprogrammes für den Laborrechner beachtet werden, daß ein solches Netzwerk von DV-Systemen schrittweise eingeführt werden kann.

Die Anforderungen an das Betriebsprogramm des im Vielfachzugriff arbeitenden Laborrechners gehen naturgemäß weit über die Funktionen des bisher behandelten Abwicklers für ein Einzelsystem hinaus.

Das Betriebsprogramm für den Vielfachzugriff ist den einzelnen Experiment-Steuerprogrammen der Versuchsserien zugeordnet, es muß volle Kontrolle über alle Systemhilfsmittel besitzen und zudem die Anforderungen und die Systembelastung der einzelnen Abwickler und der von ihnen gesteuerten Phasenprogramme überwachen. Diese aktive Systemführung unterscheidet das Betriebsprogramm von den üblichen Stapelbetriebssystemen, aber auch von einfachen Vielfachzugriffssystemen. So muß z.B. jeder Auftrag, also die Initialisierung einer Versuchsserie durch einen Experimentator von einem

Teilprogramm des Betriebssystems dem sog. Systemmanager untersucht werden. Der Auftrag kann erst freigegeben werden, wenn sichergestellt ist, daß in keiner Phase der Ausführung der Versuchsserie Engpässe auftreten können, die bisher übernommene Verpflichtungen beeinträchtigen.

Besonders kritisch ist dabei die Reaktionszeitusage. Die Einhaltung der Reaktionszeit für kritische Alarmbedingungen muß unter allen Umständen gewährleistet sein. Dazu muß das System bestimmte Leistungsreserven vorhalten, die aber im Normalfall sehr gut für andere Aufgaben benutzt werden können. Voraussetzung ist nur, daß sichergestellt ist, daß diese Reserven ohne Schwierigkeiten freigemacht werden können, wenn ein kritischer Fall eintritt.

Auch alle anderen Abläufe unterliegen in diesem Realzeitsystem gewissen Terminverpflichtungen, die auch ohne eine aktuelle Alarmsituation gegeben sind und bei der Planung beachtet werden müssen.

Eine aktive Systemführung muß daher, gestützt auf Material, das von einem Planungsprogramm bereitgestellt wird, eine günstige Strategie zwischen einer uneffektiven Nutzung des Systems und einer Nichteinhaltung von Bearbeitungszusagen finden.

Ein weiterer wichtiger Planungsgrundsatz ist die vollständige Steuerung des Systems und der Experimentprogramme über von Außenstationen abgesetzte Nachrichten. Die Abwicklung des Nachrichtenverkehrs muß einheitlich gehandhabt werden, wobei die formale Behandlung der Nachricht möglichst unabhängig vom Typ des externen Nachrichtengebers oder -empfängers durchgeführt werden soll. Dadurch wird z.B. ermöglicht, daß ein bestimmtes Steuerkommando in der Anfangszeit vom Experimentator, mit steigendem Automatisierungsgrad aber von der Meßapparatur oder einem dort eingesetzten Kleinrechner kommen kann ohne daß Programmänderungen notwendig sind.

Ein drittes Charakteristikum der Betriebsorganisation des Vielfachzugriffssystems ist die Delegation möglichst vieler Verwaltungsfunktionen auf die Abwicklerebene. Dadurch erhält man große Freiheit in der Auslegung von Experimentsteuerprogrammen. Die verschiedenen Typen von Versuchsabläufen können ja sehr unterschiedliche Anforderungen an die Organisation der DV-Programme stellen. Das Betriebssystem für den Vielfachzugriff bildet also nur einen Rahmen für die Betriebsprogramme der Experimente, die im Rahmen der allgemeinen Richtlinien sehr unterschiedlich organisiert sein können.

Praktische Ausführung

Maschinenausrüstung TR 86 A

Für die praktische Ausführung eines mittelgroßen Laborautomatisierungssystems werden Telefunken TR 86 A DV-Anlagen mit folgenden Spezifikationen verwendet:

- zentraler Rechnerkern mit einer Befehlsausführungszeit von 1 - 2 μ sec, Merklicherregister und 18 Programmunterbrechungskanälen.
- ein aus zwei Blöcken zu 16 K bestehender Kernspeicher, Zykluszeit 1 μ sec. Die beiden Blöcke können überlappt arbeiten. Wortlänge 24 Bit, aufgeteilt in drei 8 Bit-Bytes.
- ein ausgebautes E/A-System mit von uns entwickelten, kommunikationsorientierten Kanälen für automatische Steuerung, besonders geeignet für gestreutes Lesen und Schreiben ohne Einschaltung des Rechnerkerns. Max. Transferrate 3 Mill. Byte/sec.
- 2 Plattenspeicher mit Trommelcharakteristik (feststehende Köpfe) mit einer Übertragungsrate von 300.000 Bytes/sec., einer Umdrehungszeit von 35,4 msec und einer Kapazität von 2 Mill. Byte/Platte.
- 2 Magnetbandgeräte mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 36.000 Byte/Platte.
- eine selbstentwickelte Realzeituhr mit Absolutzeitgeber einschl. Datum, Intervalleinstellung und vom Programm beliebig einstellbarem Wecker.

Das zentrale, im Rechenzentrum installierte System wird über schnelle (200 k Bit/sec pro Adernpaar) Datenübertragungskanäle mit den Außenstationen in den Instituten und Abteilungen des KFK verbunden. Eine Koppelstation am Experimentierplatz besteht aus Anschlußeinheiten über die Meßdaten und Zustandsinformationen an das DV-System übertragen werden können und einen Steuerkanal für die automatische Experimentführung vom zentralen System.

Für die Wechselwirkung Experimentator - DV-Anlage steht ein Sichtgerät mit einem 28 cm Bildschirm und ein in dieses Gerät eingebauter Befehlsgeber zur Verfügung. Die Kommandos des Experimentators werden über den Befehlsgeber abgesetzt; Quittungen, Nachrichten und die Darstellung von Ergebnissen in verschiedenen Stadien des Erfassungs- und Auswerteprozesses werden alphanumerisch oder in graphischer Form über das Sichtgerät zurückgemeldet.

Aufteilung der Aufgaben auf 4 Betriebsklassen

Die praktische Ausführung des Betriebsprogramms erfolgt nach den bereits dargelegten Gesichtspunkten. Die Struktur und die grundsätzlichen Anforderungen der zu lösenden Aufgaben sind in großen Zügen bekannt. Das bedeutet, daß man in einigen Punkten sehr große Allgemeinheit benötigt, überall da aber auf allgemeine Lösungen verzichten kann, wo sie keinen Gewinn für die Durchführung der gestellten Aufgaben, sondern nur zusätzlichen Programmier- und - während des Betriebs - Verwaltungsaufwand bedeuten. Aus diesem Grund wurden schon in der Planung Betriebsklassen gebildet, denen feste Priorität und Speicherbereiche zugeordnet werden. Jede Einzelfunktion des Systems muß in eine solche Betriebsklasse eingeordnet werden. Abb. 3 zeigt die einzelnen Betriebsklassen:

- die Systemführungsebene mit E/A-Verwaltung
- die Nachrichtensteuerung
- Problemebene A
- Problemebene B

Die Abb. 4 zeigt die Aufteilung des Speichers auf die einzelnen Klassen.

Systemführungsebene

Die Programme der Systemführungsebene werden vorwiegend fest (resident) im Speicher gehalten. Seltener gebrauchte Systemfunktionen, wie Fehleranalyseprogramme, werden in einen intermittierend benutzbaren Bereich der Systemebene eingelesen. Die Regie über den zentralen Rechnerkern geht automatisch bei jeder Programmunterbrechung an diese Ebene. Die Laufzeit der Programme auf dieser Vorrangebene soll möglichst kurz sein, da sie sonst die Reaktionszeiten der Anlage ungünstig beeinflussen.

Weniger wichtige Hilfsfunktionen bei der Systemführung, z.B. die Durchführung der Planungsaufgaben oder die Aufstellung der Betriebsstatistik können daher von der Systemführung auf der mit geringster Priorität laufenden Problemebene B abgewickelt werden. Diese Aufgaben bleiben dabei der Systemebene als Auftraggeber zugeordnet.

Zu den Funktionen der Systemführung gehört der schon erwähnte Systemmanager, der auch für die Auftragsannahme zuständig ist. Der Experimentator muß zu Beginn einer Versuchsserie in einem Dialog mit dem Systemmanager eine Freigabe des Auftrags erreichen und dabei Angaben über wichtige Einflußgrößen, wie Zählrate der einzelnen Phasen, Reaktionszeitansprüche, Gesamtdauer der Messung, Speicheranforderungen usw. abliefern. Das gilt allerdings nur, soweit diese Angaben nicht für größere Gruppen von Versuchsserien bei der Systemplanung fest hinterlegt sind. Gestützt auf diese Angaben kann der Systemmanager bei Überlastung der Anlage eingreifen, die fehlerhafte Versuchsserie erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen einleiten. Das Hilfsprogramm Systemplanung unterhält Tabellen über die akzeptierten Anforderungen der einzelnen Versuchsserien und führt eine Betriebsstatistik über die tatsächlichen Belastungen. Dort werden auch Daten über abgewiesene Aufgaben usw. gesammelt.

Diese Angaben sind Grundlage für eine weiterführende Ausbauplanung.

Auf der Systemebene laufen noch, soweit sie nicht auf Abwicklerebene verlagert sind, die üblichen Dienstleistungsfunktionen aller größeren Betriebsprogramme, so die E/A Transportsteuerung, das Ladeprogramm für das verschiebliche Laden der Programme usw.

Bemerkenswert ist noch der Zeitdienst, der die Ausnutzung der Realzeituhr steuert. Alle laufenden System- und Problemaufgaben können Unterstützung durch den Zeitdienst anfordern. Im einfachsten Fall wird nur Uhrzeit und Datum erfragt, um eine Nachricht oder einen Datensatz zu kennzeichnen. In anderen Fällen wird ein Weckruf für eine bestimmte Uhrzeit angefordert, zu der Neueinstellungen oder Kontrollen im Experiment notwendig sind. Auch der Anruf nach Beendigung eines vorgegebenen Zeitintervalls ist möglich. Der Zeitdienst listet alle Anforderungen auf und benachrichtigt nach Eintreten der Zeitbedingung das anfordernde Programm.

Nachrichtensteuerung

Nachrichten können sowohl zwischen der zentralen DV-Anlage und externen Systemen (Experimentator, Meßapparatur, andere DV-Systeme) als auch zwischen den einzelnen im System laufenden Programmen ausgetauscht werden.

Die erste Aufgabe des Nachrichtenprogramms ist die Annahme und Speicherung von Nachrichten. Dafür steht ihm ein Speicherpool zur Verfügung. Die Nachrichten werden auf formale Richtigkeit geprüft. Dann wird die korrekte Übernahme beim Sender quittiert. Das Nachrichtenprogramm ermittelt dann durch eine Voranalyse den Empfänger, bzw. die Ebene in der die angesprochene Funktion arbeitet. Entweder direkt oder mit Hilfe eines speziellen Verwaltungsprogramms wird dann ein Eintrag in der entsprechenden Vorrangliste der angesprochenen Ebene gemacht, der auf die eingetroffene und beim Nachrichtenprogramm liegende Nachricht hinweist. Kommt die Ebene an die Regie, werden die zugehörigen Verarbeitungsprogramme nach der Vorrangliste gestartet.

Die Ausgabe von Nachrichten wird von den einzelnen Programmen vorbereitet, die vom Nachrichtenprogramm einen Speicherbereich zum Zusammenstellen einer Nachricht anfordern. Die Fertigstellung der Nachricht wird dann dem Steuerprogramm gemeldet, das die Ausgabe übernimmt. Auch die Kernspeicherbereiche für Bildausgabe auf Sichtgeräte stehen unter Kontrolle des Nachrichtenprogramms.

Problemebene

Die eigentlichen experimentspezifischen Arbeiten werden in den beiden Problemebenen durchgeführt. Ebene A ist ausschließlich für zeitkritische Aufgaben bestimmt, in Ebene B sollen alle anderen Aufgaben behandelt werden. Jede Ebene hat einen von der anderen völlig unabhängigen Abschnitt des Kernspeichers. Obwohl auch andere Aufgaben in diesen Ebenen laufen können, werden sie hauptsächlich durch die Experimentsteuerprogramme und die zugehörigen Phasenprogramme benutzt. Die Abwickler sind dabei so organisiert, daß die zeitkritischen Aufgaben unter Führung eines Teils des Abwicklers in der Ebene A, die weniger kritischen von einem anderen Abwicklerteil in B durchgeführt werden. In jeder Ebene darf jeweils eine Phase der Versuchsserie laufen. In der Praxis bedeutet das, daß die automatisch laufenden Teile der Versuchsserie in die Ebene A eingeplant werden. Der Abwicklerteil in A kontrolliert also die rechte Seite unseres Labordreiecks. Um eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit der Anlage zu garantieren, müssen an die Programme, die in dieser Ebene laufen, bestimmte einschränkende Forderungen gestellt werden. So muß z.B. ein laufendes Programm jeder Zeit durch ein Alarmprogramm überlesen werden können ohne daß die variablen Teile des aus der Regie und dem Speicher verdrängten Programms dabei vernichtet werden.

Auf der Problemebene B wird dagegen eine größere Freiheit für die Auswahl und Zusammenstellung der Programme gelassen. In ihr sollen vorzugsweise dialogartige Auswertungen durch den Experimentator über das Sichtgerät stattfinden. Da in jeder Ebene eine Phase der Versuchsserie laufen kann, ist es möglich, parallel eine automatische

Meßwerterfassungsphase und in der anderen Ebene die Auswertung der Ergebnisse abgeschlossener Phasen auszuführen. Beide Abwicklerteile können über Nachrichten miteinander kommunizieren. Die direkte Kommunikation zwischen zwei Abwicklerteilen unter Umgehung des Nachrichtenprogramms ist nicht möglich.

Zur direkten Verbindung der Abwickler wäre ihr gleichzeitiges Vorhandensein im Kernspeicher Voraussetzung. Das bedeutet eine Verkopplung der Zeitplanung der beiden Ebenen, die nicht durchführbar ist.

Bei starkem Meßbetrieb können innerhalb weniger Sekunden mehrere Abwickler die Kontrolle über das System benötigen. Der schnelle Übergang der Kontrolle ist daher die Grundlage unseres Systems. Technische Voraussetzung für den schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Abwicklern sind die Plattenspeicher. Kurze Zugriffszeiten und hohe Transferraten erlauben es, einen 8 K Bereich in weniger als 0,3 sec in der Maschine auszutauschen. Abwickler und Phasenprogramme werden beim Start der Versuchsserie oder in zwischengeschalteten Montagephasen so zusammengestellt, daß sie in einer kompakten Kernladung ohne Zwischenschaltung eines Ladeprogramms direkt auf die festen Plätze des zur Ebene gehörenden Speicherbereiches übernommen werden können.

Ebenso wird dieses Programmpaket ohne Änderungen auf die Platte zurückgeschrieben, wenn das Experimentprogramm nach Durchführung einer Aktion in einen von außen aufgezwungenen Wartezustand geht.

Gibt auf diese Weise ein Abwickler die automatische Ebene frei, wird sofort der nächste arbeitswillige Abwickler aufgerufen.

Die Warteschlange der arbeitswilligen Abwickler wird von der Ebenenverwaltung geführt, die eng mit dem Nachrichtenprogramm zusammenarbeitet. Die Ebenenverwaltung muß eine Nachricht soweit analysieren, daß sie ihre relative Wichtigkeit im Vergleich mit allen anderen Nachrichten erkennt (Abb. 5). Nur so kann sie die

durch die Meldung ausgelöste Anforderung für den Aufruf eines Abwicklers richtig in die Warteschlange einordnen. Bei der nächsten Regievergabe für die Ebene A wird dann der Abwickler geladen, dessen Anforderung an der Spitze der Warteschlange steht. Der Abwickler analysiert dann in der Regel alle für ihn hinterlegten Nachrichten und gibt die Kontrolle an das angeforderte Phasenprogramm.

Es wird angestrebt, daß in der Ebene A laufende Experimentprogramme nicht verdrängt werden, so daß die beschriebenen Vorrangsteuerungen nur für den Start eines Abwicklerlaufes gelten. Nur in kritischen Alarmsituationen soll von dieser Regel abgewichen werden. In diesem Fall wird der laufende Abwickler, unter Erhaltung seiner variablen Information vom Alarmprogramm überlesen. In diesen Fällen kann auch eine teilweise Nachrichtensperre verhängt werden.

Auf der Problemebene B wird ebenfalls mit kompakten Kernladungen gearbeitet, deren Inhalt aber durch Zuladen oder Löschen viel häufiger verändert wird als bei den Programmen der automatischen Ebene.

Da weder Umfang noch Dauer der Programmläufe in dieser Ebene gut planbar sind, wird keine Vorrangebene der Regie an die konkurrierenden arbeitswilligen Abwickler durchgeführt. Jedes wartende Programmpaket erhält nach dem Zeitscheibenverfahren sequentiell die Kontrolle in der Ebene B. Zusagen über Antwortzeiten werden auf dieser Ebene nicht gemacht, da sie die niedrigste Priorität besitzt. Der Anteil dieser Ebene an der verfügbaren Rechenzeit hängt damit sehr wesentlich vom Bedarf der automatischen Meßebe und der Systemfunktionen ab. Um aber zu vermeiden, daß eine Zeitscheibe beendet ist, bevor das in B stehende Programm überhaupt sinnvolle Arbeit geleistet hat, wird ein Programm aus B nicht eher verdrängt, falls es die Kontrolle nicht freiwillig abgibt, bis es eine bestimmte Zeit, etwa 1 sec, tatsächlich gearbeitet hat.

Verbindung mit nachgeschalteten Anlagen

Die Meßergebnisse und Auswerteresultate, aber auch die Ablaufinformation, wie das Logbuch und die Betriebsstatistik, werden auf Magnetband abgelegt. Die gefüllten Bandspulen werden in regelmäßigen Abständen auf unsere Großrechenanlagen übernommen und können dort ausgewertet werden. Diese Off-Line-Verbindung über transportable Datenträger soll später, wie bereits erwähnt, durch eine in der Entwicklung befindliche direkte Kopplung der Laborsysteme mit den Großrechenanlagen ersetzt werden.

Gegenwärtiger Stand

Der erste TR 86 A wurde im August 1968 ausgeliefert und ist seitdem im Probetrieb. Die erste vorläufige Ausbaustufe des Betriebssystems, die noch nicht sehr ausgebaut ist, aber bereits alle oben beschriebenen Betriebsklassen enthält, ist im Endtest. Eine weitere Ausbaustufe soll im nächsten Jahr erfolgen. Beide Stufen sind so ausgelegt, daß verschiedene Systemführungs-, Planungs- und Prioritätsalgorithmen unter Betriebsbedingungen erprobt werden können.

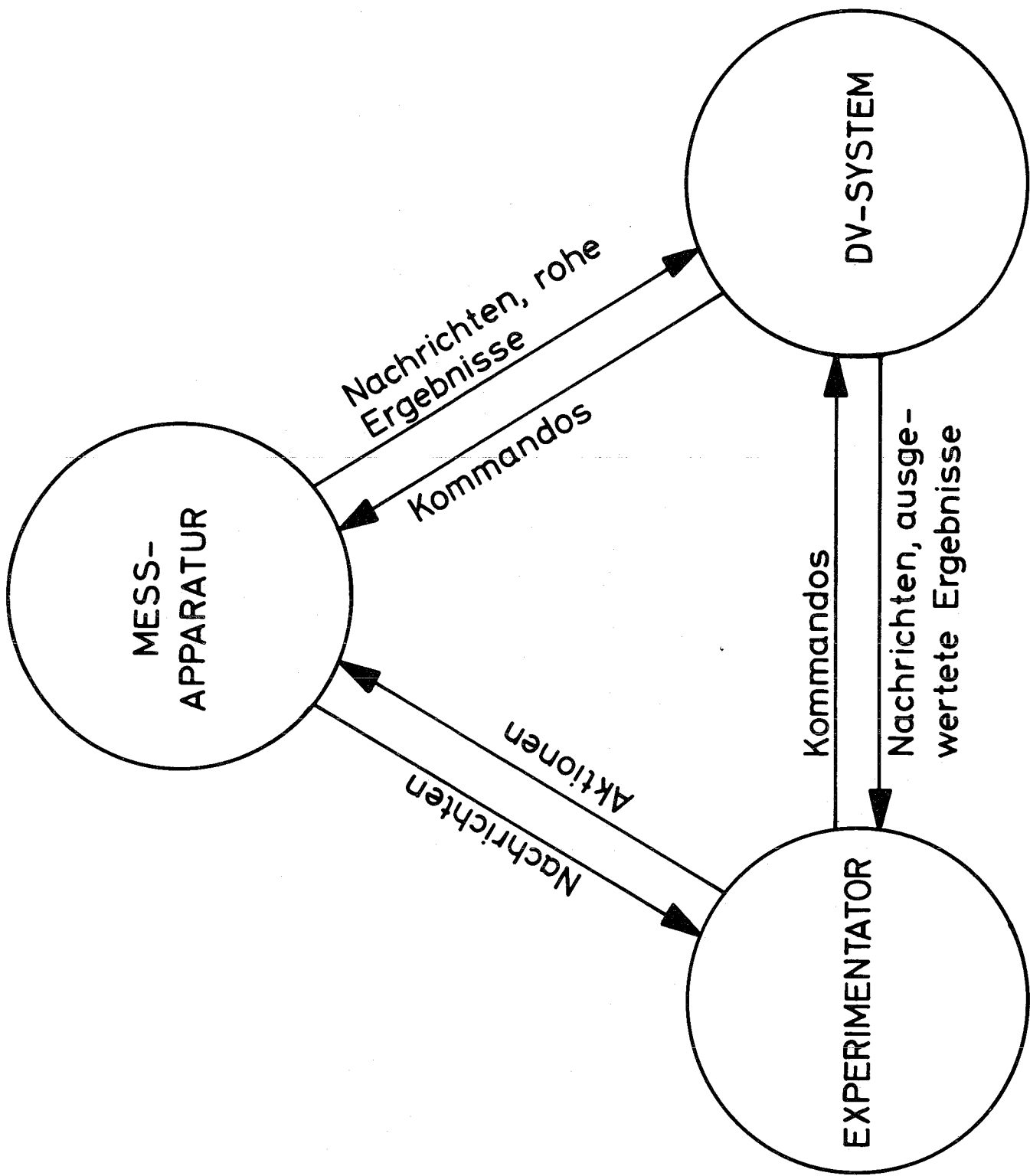


Abb. 1 Informationsfluß zwischen den Teilen eines Laborautomatisierungssystems (Labordreieck)

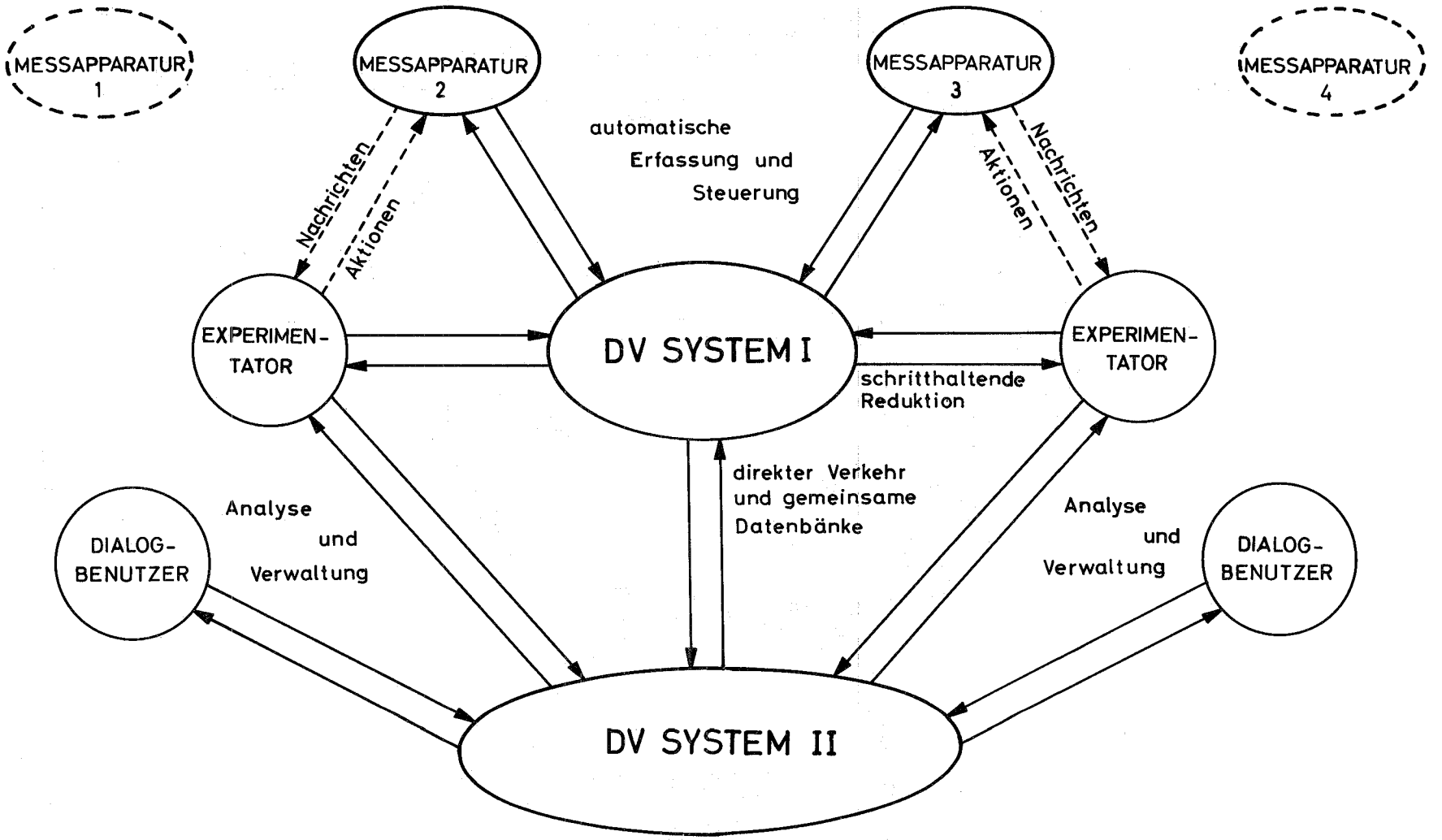
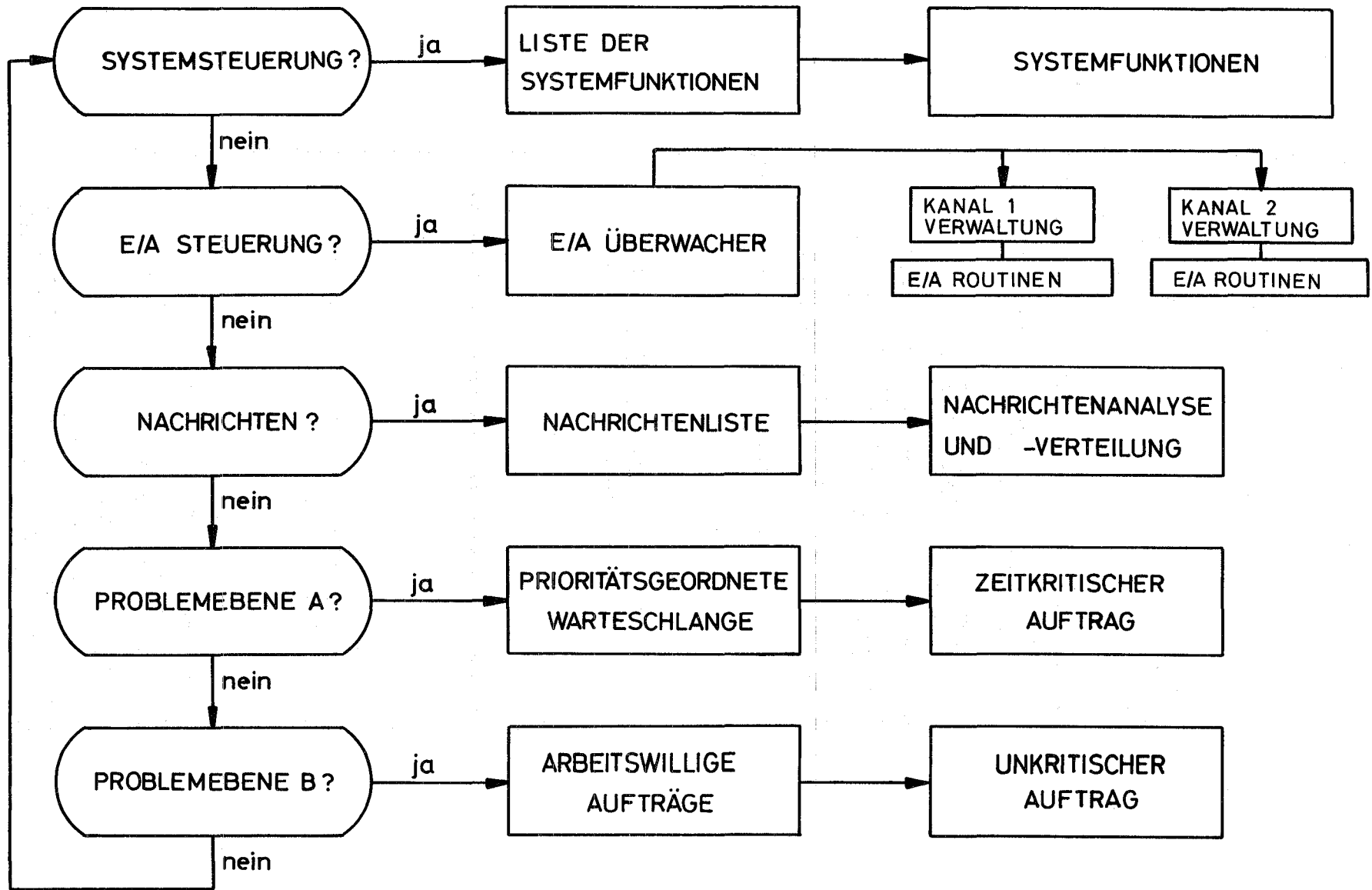


Abb. 2
 Laborsystem im Vielfachzugriff mit Aktionsrechner und nachgeschalteter
 Großanlage

Abb. 3 Vorrangsteuerung der Regievergabe an die Betriebsklassen



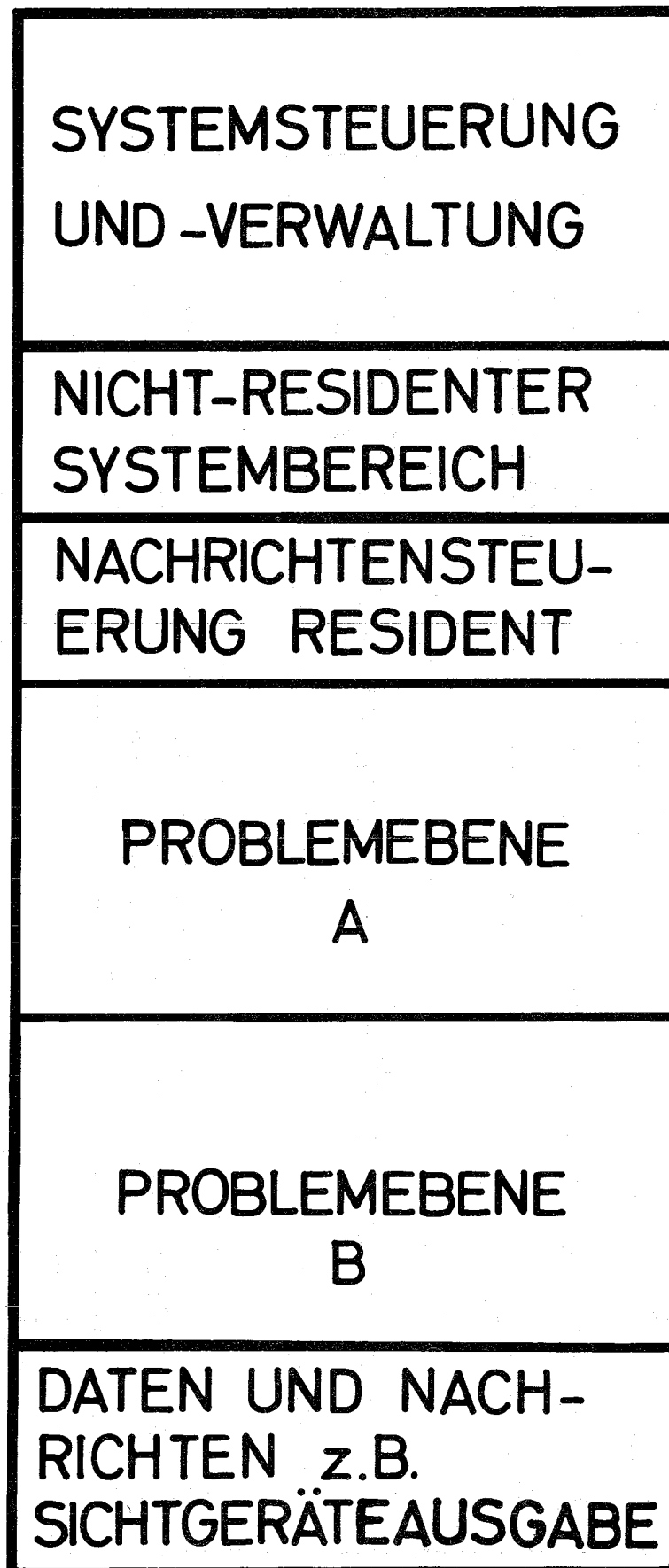
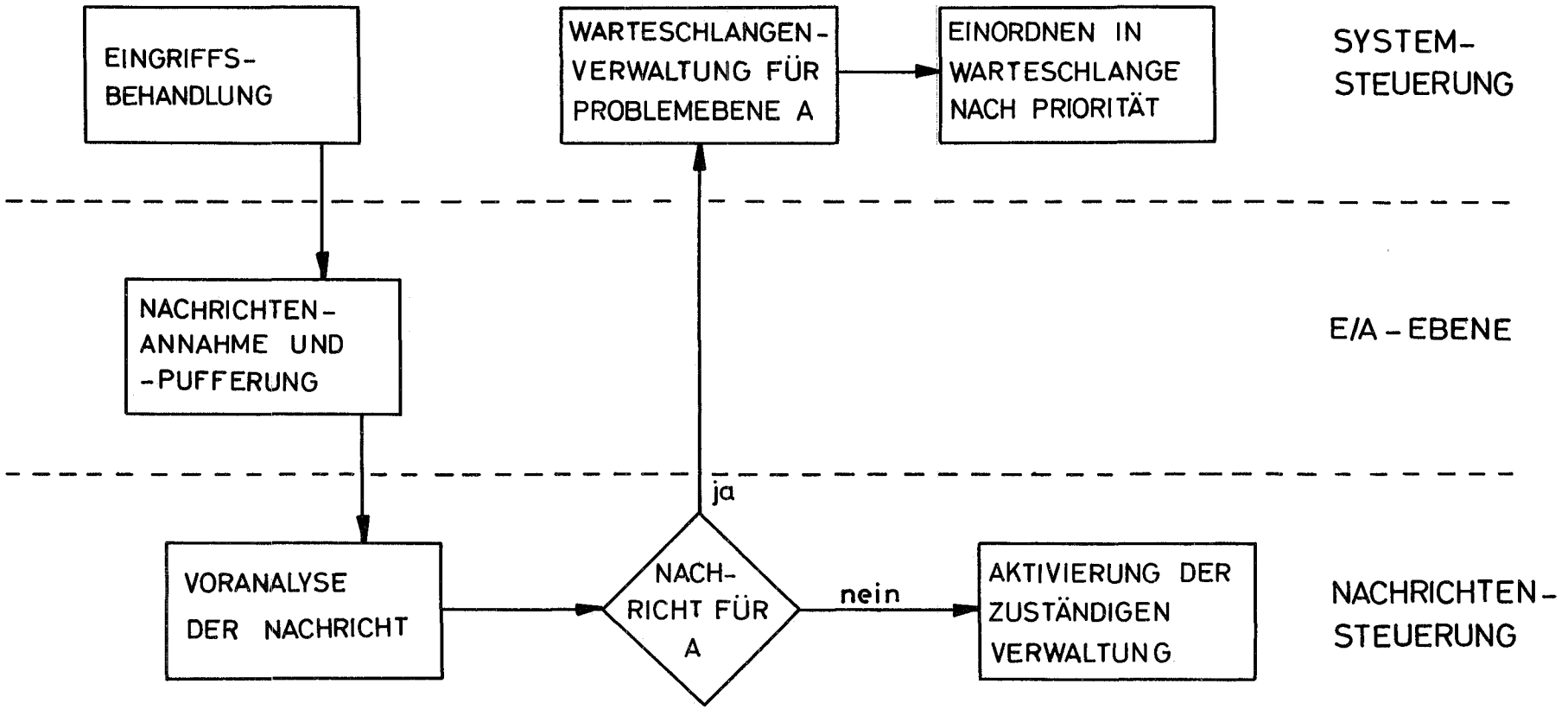


Abb. 4 Aufteilung des Kernspeichers

Abb. 5. Auftragsannahme und -planung für Problemebene A



AUFTRAGSPLANUNG FÜR PROBLEMEBENE A